

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

Publication 147-2

Première édition — First edition

1963

**Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs à semiconducteurs
et principes généraux des méthodes de mesure**

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices
and general principles of measuring methods**

Part 2: General principles of measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C.E.I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I.E.C. RECOMMENDATION

Publication 147-2

Première édition — First edition

1963

**Valeurs limites et caractéristiques essentielles des dispositifs à semiconducteurs
et principes généraux des méthodes de mesure**

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

**Essential ratings and characteristics of semiconductor devices
and general principles of measuring methods**

Part 2: General principles of measuring methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE.....	4
PRÉFACE	4

Articles

1. Introduction	8
2. Précautions générales	8

CHAPITRE I: DIODES A SEMICONDUCTEURS

(à l'étude)

CHAPITRE II: TRANSISTORS

1. Généralités	10
2. Courant résiduel collecteur-base	10
3. Courant résiduel émetteur-base	10
4. Tension de saturation collecteur-émetteur	12
5. Tension émetteur-base lorsque le transistor est placé dans des conditions de saturation	12
6. Tension directe base-émetteur	14
7. Fréquence de coupure et rapport de transfert direct du courant en haute fréquence	16
8. Capacité de sortie en montage base commune	22
9. Paramètres hybrides	26
10. Rapport de transfert direct du courant, en montage émetteur commun	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

Clause

1. Introduction	9
2. General precautions	9

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

(under consideration)

CHAPTER II: TRANSISTORS

1. General	11
2. Collector-base cut-off current (Reverse current)	11
3. Emitter-base cut-off current (Reverse current)	11
4. Collector-emitter saturation voltage	13
5. Emitter-base voltage when the transistor is in the saturation condition	13
6. Base-emitter forward voltage	15
7. Cut-off frequency and high-frequency forward current transfer ratio	17
8. Common-base output capacitance	23
9. Hybrid parameters	27
10. Common-emitter forward current transfer-ratio	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES
DES DISPOSITIFS A SEMICONDUCTEURS
ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DES MÉTHODES DE MESURE**

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 47: Dispositifs à semiconducteurs (anciennement Sous-Comité 39-2).

Elle constitue la deuxième partie d'une recommandation concernant les valeurs limites et les caractéristiques essentielles des diodes pour petits signaux de faible puissance et des transistors ainsi que les principes généraux des méthodes de mesure. La *première partie* de la recommandation, traitant des valeurs limites et des caractéristiques essentielles, est éditée comme Publication 147-1 de la C.E.I.

A la suite de la réunion tenue à Madrid en 1959, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux en janvier 1960. Les observations reçues furent discutées lors d'une réunion tenue à Londres en juin 1960, à la suite de quoi des modifications furent diffusées aux Comités nationaux pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois en février 1961.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Autriche	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Hongrie	Yougoslavie
Japon	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS
OF SEMICONDUCTOR DEVICES
AND GENERAL PRINCIPLES OF MEASURING METHODS**

Part 2: General principles of measuring methods

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This publication has been prepared by Technical Committee No. 47, Semiconductor devices (formerly Sub-Committee 39-2).

It constitutes the second part of a general recommendation on Essential Ratings and Characteristics of Low-power, Small-signal Diodes and Transistors and General Principles of Measuring Methods. *Part 1* of the recommendation dealing with Essential Ratings and Characteristics is issued as I.E.C. Publication 147-1.

Following the meeting held in Madrid in 1959 a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1960. The comments received were discussed at the meeting held in London in June 1960 and, as a result, amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in February 1961.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Netherlands
Belgium	Romania
Canada	Sweden
Czechoslovakia	Switzerland
Denmark	Union of Soviet Socialist Republics
Finland	United Kingdom
France	United States of America
Hungary	Yugoslavia
Japan	

Il avait été décidé, à l'origine, d'entreprendre les travaux dans l'ordre suivant :

- diodes pour petits signaux de faible puissance
- transistors pour petits signaux de faible puissance
- diodes de tension de référence et diodes régulatrices de tension (diodes Zener)
- transistors de puissance
- diodes de redressement de puissance
- transistors de commutation
- etc.

Etant donné le besoin urgent de ces recommandations, il a été décidé de publier les principes généraux des méthodes de mesure par type de dispositif au fur et à mesure de leur approbation.

La présente recommandation sera tenue à jour par des révisions et l'addition de compléments au fur et à mesure de l'avancement des travaux du Comité d'Etudes N° 47 et compte tenu des progrès réalisés dans le domaine des dispositifs à semiconducteurs.

Withdrawn

When the work was commenced, it was decided to proceed in the following order:

- low-power small-signal diodes
- low-power small-signal transistors
- voltage reference and voltage regulator diodes (Zener diodes)
- power transistors
- power rectifier diodes
- switching transistors
- etc.

In view of the urgent need for these recommendations, it has been decided to publish the General Principles of Measuring Methods for each type of device as soon as they are approved.

This recommendation will be kept up to date by revising and extending the document as the work in Technical Committee No. 47 continues and takes into account advances in the field of semiconductor devices.

Withdrawn

VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES DISPOSITIFS A SEMICONDUCTEURS ET PRINCIPES GÉNÉRAUX DES MÉTHODES DE MESURE

Deuxième partie: Principes généraux des méthodes de mesure

1. Introduction

Cette partie donne des informations basées sur la pratique courante de la mesure de certains paramètres de dispositifs. Elle ne devra pas être considérée comme une norme étant donné qu'il est nécessaire d'avoir une description plus détaillée des méthodes de mesure lorsque les résultats des mesures, effectuées suivant ces principes, doivent satisfaire à des tolérances définies. Elle traite d'abord des paramètres figurant dans la première partie: Valeurs limites et caractéristiques essentielles, (Publication 147-1 de la C.E.I.) et il est bien entendu qu'elle sera éventuellement complétée de façon à couvrir tous les paramètres de cette sorte.

Lorsque plusieurs méthodes de mesure sont données pour un même paramètre, il est entendu que chacune de ces méthodes est valable bien que certaines soient plus précises et que d'autres soient mieux adaptées aux mesures de contrôle effectuées en fabrication.

2. Précautions générales

- 2.1 Lorsqu'un paramètre est fonction de la température, la température ambiante, ou celle du boîtier, ou celle d'un autre point de référence au moment de la mesure devra être enregistrée.
- 2.2 Il est souhaitable de protéger les appareils de mesure contre les surcharges importantes provenant de dispositifs à semiconducteurs détériorés ou de montages incorrects.
- 2.3 Lors de la spécification des paramètres des dispositifs à semiconducteurs, une des tensions entre bornes au moins devra être indiquée. Dans les méthodes de mesure décrites, il n'est pas toujours commode de brancher le voltmètre entre les bornes appropriées et il peut y avoir de petites corrections à apporter aux tensions mesurées pour obtenir les tensions entre ces bornes.
- 2.4 Les signaux alternatifs utilisés dans les mesures en petits signaux devront être tels qu'une diminution progressive de leur amplitude ne produise pas, dans la valeur du paramètre obtenue, de changement incompatible avec la précision désirée.
- 2.5 Il devra être pris soin que les appareils de mesure n'introduisent pas de distorsion du signal alternatif.
- 2.6 Lorsque des résistances ou des conductances de valeurs élevées (soit pour les composants du circuit, soit pour les appareils de mesure) sont spécifiées dans les circuits de mesure, leurs valeurs devront être suffisamment grandes pour que tout accroissement de ces valeurs ne modifie pas la mesure d'une façon incompatible avec la précision désirée.
- 2.7 Lorsqu'une caractéristique dépend de la lumière, les conditions d'éclairage devront être enregistrées.
- 2.8 Il devra être tenu compte des possibilités d'instabilité thermique dans le choix des valeurs des composants de quelques uns des circuits de base.

ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR DEVICES AND GENERAL PRINCIPLES OF MEASURING METHODS

Part 2: General principles of measuring methods

1. Introduction

This Part gives information based on current practice on measurements of certain device parameters. It should not be regarded as a recommendation in the sense of a standard because a more detailed description of the measuring methods is needed if results of measurements made on the basis of these principles have to be comparable within definite tolerances. It deals primarily with the parameters listed in Part 1: Essential Ratings and Characteristics (I.E.C. Publication 147-1) and it is intended that it will eventually be extended to cover all such parameters.

Where several methods of measuring one parameter are described, it is implied that each method is suitable, although some methods are more accurate than others and some are more suited to production testing.

2. General precautions

- 2.1 When a parameter is known to be temperature sensitive, the ambient or case or other reference point temperature at the time of measurement should be recorded.
- 2.2 It may be advisable to protect the meters against heavy overloads arising from faulty semiconductor devices or incorrect connection.
- 2.3 In specifying the parameters of semiconductor devices, at least one interterminal voltage must be stated. In the methods of measurement described, it is not always convenient to connect the voltmeter between the appropriate terminals and small corrections may have to be made to the measured voltages to obtain the voltages at the required terminals.
- 2.4 The a.c. signals employed in small signal measurements, should be such that a progressive decrease in their amplitudes results in negligible changes in the parameter values within the desired accuracy.
- 2.5 Care should be taken that the measuring equipment does not introduce distortion of a.c. signals.
- 2.6 When high resistances or conductances (whether of circuit components or meters) are specified in the test circuits, their values should be so high that any increase in their values results in negligible changes in the parameter values within the desired accuracy.
- 2.7 When a characteristic is known to be light sensitive, the lighting conditions should be recorded.
- 2.8 The possibility of thermal instability should be considered in choosing components values in some of the basic circuits.

CHAPITRE I: DIODES A SEMICONDUCTEURS

A l'étude

CHAPITRE II: TRANSISTORS

1. Généralités

Dans ce document, les polarités des sources d'alimentation des circuits sont applicables aux dispositifs PNP. Cependant, ces circuits peuvent être adaptés pour les dispositifs NPN en changeant les polarités des sources d'alimentation et des appareils de mesure.

2. Courant résiduel collecteur-base I_{CBO}

La figure 1 correspond à un exemple de circuit fondamental de mesure.

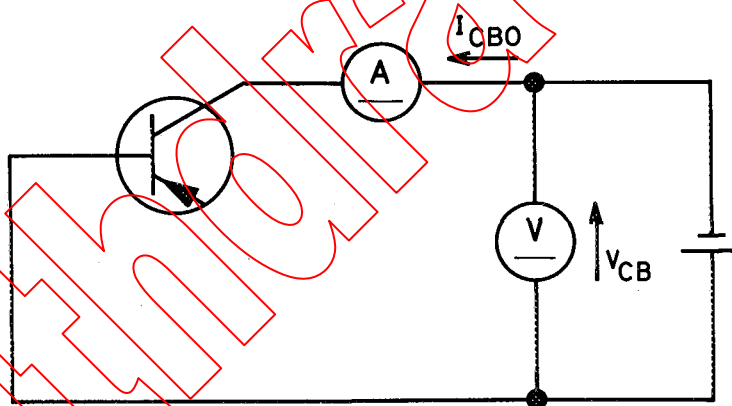


FIG. 1

S'il y a une différence importante entre la température ambiante (ou d'un autre point de référence) et celle de la jonction du collecteur, provenant de la dissipation interne du transistor, il devra en être tenu compte.

On ne devra pas escompter une reproductibilité meilleure qu'environ $\pm 20\%$ dans cette mesure, étant donné les effets de dérive à long terme et les difficultés présentées généralement par la mesure précise de la température et des très faibles courants.

3. Courant résiduel émetteur-base I_{EBO}

Le courant résiduel émetteur-base est mesuré de façon identique au courant résiduel collecteur-base, exception faite de ce que les bornes d'émetteur et de collecteur sont interchangées.

CHAPTER I: SEMICONDUCTOR DIODES

Under consideration

CHAPTER II: TRANSISTORS

1. General

The polarities of the sources shown in the circuits in this publication are applicable to PNP devices. However, the circuits can be adapted for NPN devices by changing the polarities of the meters and the sources.

2. Collector-base cut-off current (Reverse current) I_{CBO}

Figure 1 shows an example of a basic circuit.

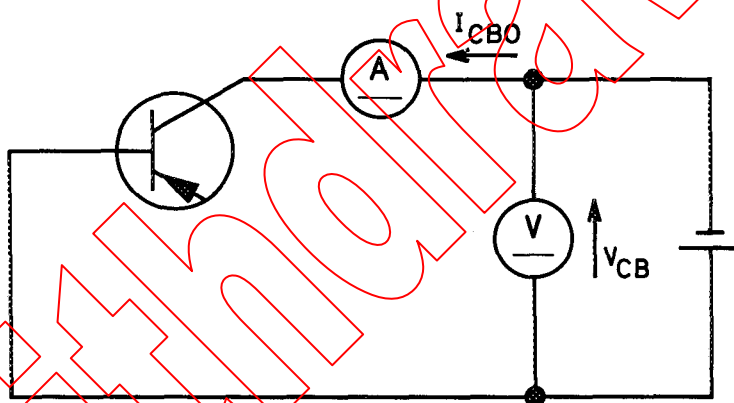


FIG. 1

If there is a significant difference between the ambient (or other reference point) temperature and the collector-junction temperature resulting from dissipation in the transistor, this difference should be taken into account.

Repeatability better than about $\pm 20\%$ should not be expected in this measurement, because of the effects of long-term drift and the difficulties, generally, of accurately measuring temperature and very small currents.

3. Emitter-base cut-off current (Reverse current) I_{EBO}

The emitter-base cut-off current is measured in the same way as collector-base cut-off current, except that the emitter and collector terminals are interchanged.

4. Tension de saturation collecteur-émetteur V_{CEsat}

La figure 2 correspond à un exemple de circuit fondamental de mesure.

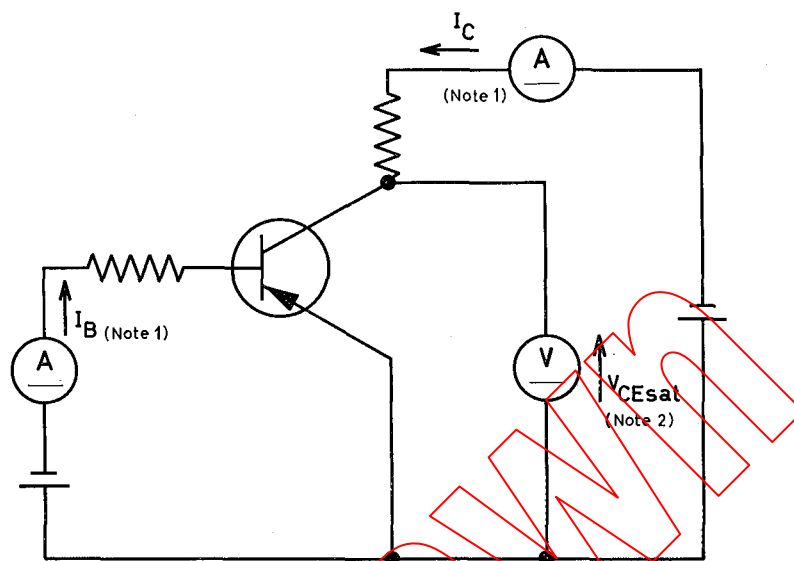


Fig. 2

Notes 1. — Ajusté à la valeur spécifiée

2. — Voltmètre à courant continu à grande résistance interne

On maintient les courants I_C et I_B à des valeurs sensiblement constantes, à l'aide de sources de tension de valeurs élevées, en série chacune avec une grande résistance.

Pour cette mesure, le rapport I_C/I_B devra être choisi inférieur ou égal à la valeur de h_{21E} du transistor mesuré. Si un transistor ayant une valeur de h_{21E} faible est connecté dans un circuit où les valeurs de I_C et I_B ont été convenablement choisies, il pourra être nécessaire de modifier le circuit pour éviter qu'un tel transistor ne dépasse sa limite de dissipation maximale, par exemple, en connectant une diode limitant la tension du collecteur.

Si les courants sont tels que la limite maximale de dissipation est dépassée, bien que le rapport I_C/I_B soit inférieur à la valeur de h_{21E} , il pourra être nécessaire d'adapter le circuit à une méthode de mesure par impulsions.

Normalement, la mesure sera effectuée en courant continu à une température donnée de l'ambiance, du boîtier ou d'un autre point de référence.

Lorsque le courant collecteur est élevé, par exemple dans le cas d'un transistor de puissance, le voltmètre devra être placé directement entre les bornes du transistor, étant donné que la résistance des fils connectant le transistor à la source de courant peut fausser la précision de la mesure.

5. Tension émetteur-base lorsque le transistor est placé dans des conditions de saturation

Pour mesurer cette tension, placer un voltmètre à courant continu, de grande résistance, entre les bornes d'émetteur et de base du circuit de la figure 2.

4. Collector-emitter saturation voltage V_{CEsat}

Figure 2 shows an example of a basic circuit.

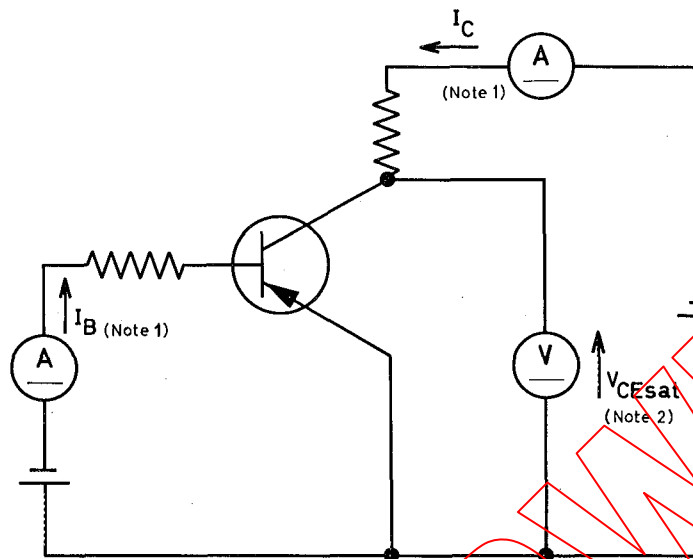


FIG. 2

Notes 1. — Adjusted to the specified value

2. — High-resistance d.c. voltmeter

I_C and I_B are controlled at nearly constant values by means of high-voltage sources, each in series with a large resistance.

To measure V_{CEsat} the ratio I_C/I_B must be less than or equal to the value of h_{21E} of the transistor under test. If a transistor with a low value of h_{21E} is connected into a circuit which has pre-set values of I_C and I_B , it may be necessary to modify the circuit to prevent such a transistor from exceeding its maximum dissipation, for example, by connecting a “catching” or “clamping” diode to the collector.

If the currents are such that the maximum dissipation limit is exceeded, even when I_C/I_B is less than the value of h_{21E} , it may be necessary to adapt the circuit to a pulse method of measurement.

Normally, the test would be a d.c. measurement at stated ambient or case or other reference point temperature.

When the collector current is large, as for example in the case of a power transistor, the voltmeter should be placed directly at the transistor terminals, since the ohmic resistance of the leads connecting the transistor to the current source can cause inaccuracy.

5. Emitter-base voltage when the transistor is in the saturation condition

In order to measure this voltage, a high-resistance d.c. voltmeter should be placed between the base and emitter terminals in the circuit of Figure 2.

6. Tension directe base-émetteur V_{BE}

La figure 3a correspond à un exemple de circuit pour une méthode de mesure précise de V_{BE} pour des valeurs spécifiées de I_E et V_{CE} . La figure 3b correspond au circuit d'une méthode avantageuse en contrôle de production.

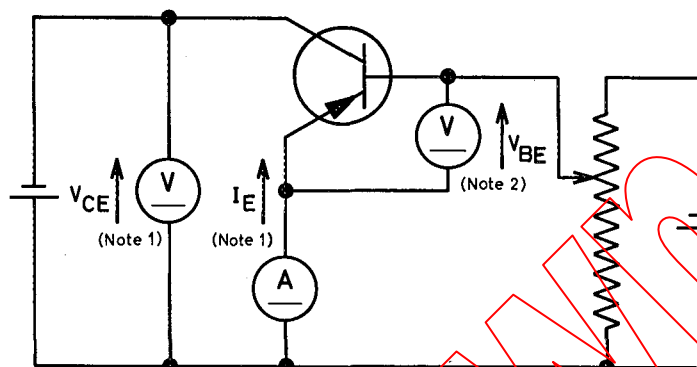


FIG. 3a

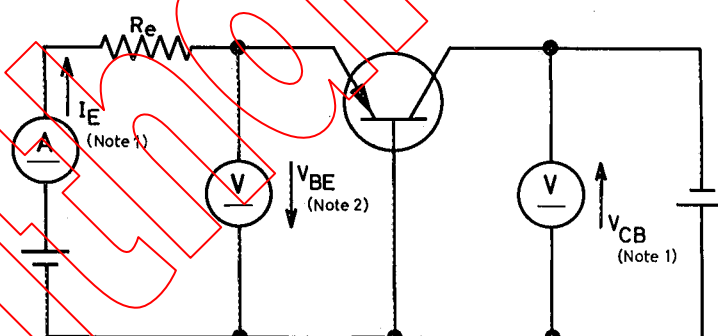


FIG. 3b

Notes 1. — Ajusté à la valeur spécifiée

2. — Voltmètre à courant continu à grande résistance interne

La seconde méthode donne lieu à de petites erreurs du fait que l'on fixe la tension collecteur-base et non la tension collecteur-émetteur.

La mesure sera normalement effectuée en courant continu à une température donnée de l'ambiance du boîtier ou d'un autre point de référence.

6. Base-emitter forward voltage V_{BE}

Figure 3a shows an example of a circuit for precise measurement of V_{BE} at specified values of I_E and V_{CE} . Figure 3b shows a circuit for an alternative method which has advantages for production testing.

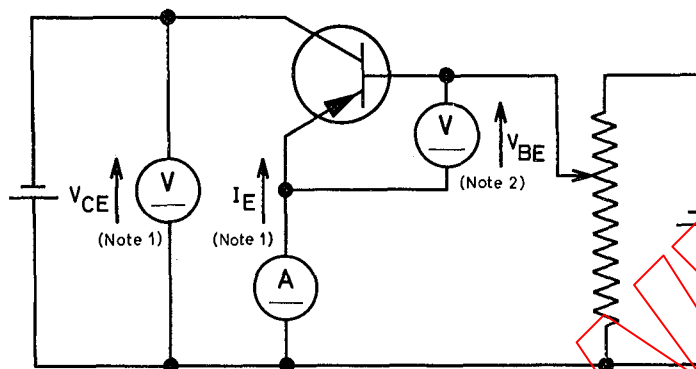


FIG. 3a

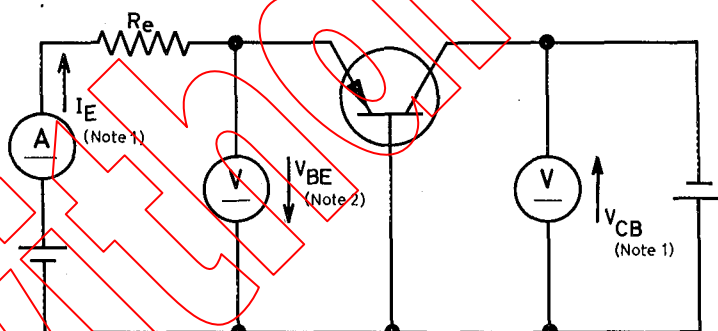


FIG. 3b

Notes 1. — Adjusted to the specified value

2. — High-resistance d.c. voltmeter

There will be small errors in the second method, since the collector-base voltage and not the collector-emitter voltage is fixed.

The test would normally be a d.c. measurement at a stated ambient or case or other reference point temperature.

7. Fréquence de coupure et rapport de transfert direct du courant en haute fréquence

Dans ces mesures, il faut avoir soin dans la conception du circuit et le montage du transistor de prévoir des blindages et des découplages appropriés et de s'assurer que les inductances en série dans les circuits à faible impédance, sont négligeables.

Suivant les précautions prises, les méthodes décrites ci-dessous sont valables pour des fréquences égales ou supérieures à environ 25 MHz.

7.1 Fréquence de coupure en montage base commune f_{h21b}

La figure 4a correspond à un circuit fondamental de mesure qui comporte un générateur de signal de fréquence variable, à tension de sortie constante et un voltmètre électronique à large bande passante.

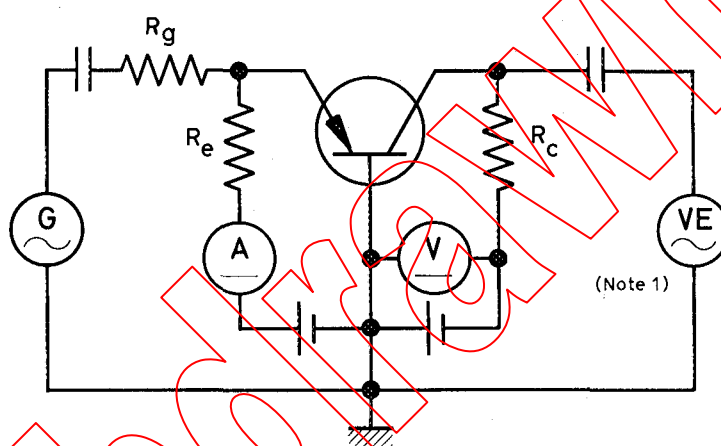


FIG. 4a

Note 1. — Voltmètre électronique

La valeur de la résistance R_c devra être faible par rapport à l'impédance de sortie du transistor; voir aussi paragraphe 2.6 des Précautions générales. Chacune des trois résistances devra également présenter une faible capacité répartie.

La méthode à appliquer est la suivante:

- 1) le transistor étant enlevé, on dispose un court-circuit entre les points qui étaient reliés à l'émetteur et au collecteur; on fait varier la fréquence du signal et l'on vérifie que la tension aux bornes de la résistance R_c est indépendante de la fréquence du signal dans la gamme spécifiée.
- 2) le court-circuit étant enlevé, on connecte le transistor dans le circuit, on augmente la fréquence du signal jusqu'à ce que la tension aux bornes de la résistance R_c soit devenue égale à 0,707 fois sa valeur en basse fréquence. La valeur de la fréquence lue en ce point est celle de la fréquence de coupure f_{h21b} .

Il faut avoir soin de s'assurer que le générateur délivre une forme d'onde suffisamment pure et que